

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-058087

(43)Date of publication of application : 05.03.1996

(51)Int.CI.

B41J 2/045

B41J 2/055

B41J 2/205

(21)Application number : 06-196992

(71)Applicant : RICOH CO LTD

(22)Date of filing : 22.08.1994

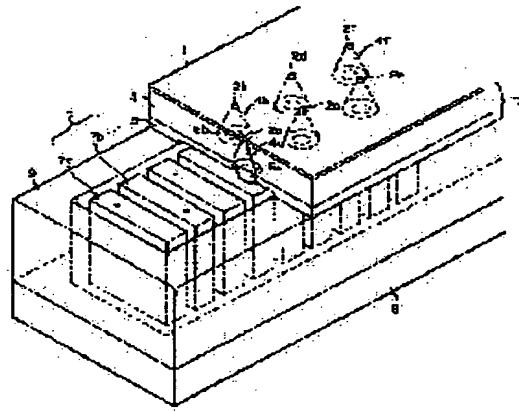
(72)Inventor : NAKANO TOMOAKI  
HIRANO MASANORI

## (54) METHOD FOR DRIVING INK JET HEAD

### (57)Abstract:

PURPOSE: To establish a maximum driving frequency in the frequency components of the driving waveform in such a manner as to avoid coincidence with the natural frequency of an ink jet head, damp the residual pressure wave in liquid chambers, and improve the frequency characteristics of ink droplet injection speed and volume.

CONSTITUTION: Pulse voltage is applied to the piezoelectric elements 7a and 7b of a head as driving signal according to printing data. The m-th (m is natural number 1, 2...) high frequency components are included in the pulse waveform of the pulse voltage. The maximum driving frequency  $f_{max}$  of the driving signal for driving the head is established and the head is driven in the driving frequency  $f_n$  divided by n (n is natural number 1, 2...) according to the printing data. Therefore, when the maximum driving frequency of the head is  $f_{max}$  and (m) and (n) are natural number, when the maximum driving frequency  $f_{max}$  is established in such a manner as to avoid coincidence of the frequency component  $(m/n) f_{max}$  in the driving waveform with the natural frequency of the head, the residual pressure wave in liquid chambers 4a and 4b can be damped and the ink droplet injection speed and volume will not vary with the driving frequency.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

**BEST AVAILABLE COPY**

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-58087

(43) 公開日 平成8年(1996)3月5日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup> B 41 J 2/045 2/055 2/205	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
			B 41 J 3/04	103 A 104 X
			審査請求 未請求 請求項の数 5	OL (全 7 頁)

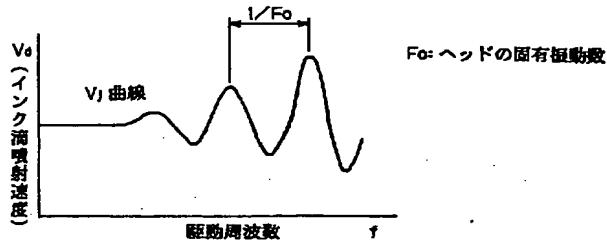
(21) 出願番号 特願平6-196992	(71) 出願人 000006747 株式会社リコー 東京都大田区中馬込1丁目3番6号
(22) 出願日 平成6年(1994)8月22日	(72) 発明者 中野 智昭 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内
	(72) 発明者 平野 政徳 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内
	(74) 代理人 弁理士 高野 明近

(54) 【発明の名称】 インクジェットヘッドの駆動法

(57) 【要約】

【目的】 高速印字のときでも高画質が得られるようになる。

【構成】 圧電素子と振動板で構成されるアクチュエータユニットの駆動により液室内のインクをノズルから吐出して印字するインクジェットヘッド(ヘッド)は、アクチュエータユニット、液室構造、インク物性により定まるヘッドの固有振動数  $F_0$  を有している。ヘッドの駆動信号波形または交番波形に含まれる周波数成分中にヘッドの固有振動数  $F_0$  が含まれると、ヘッドの固有振動数  $F_0$  と共振して  $F_0$  と同一周期の残留圧力波を液室内に発生させ、図1に示すようにインク滴速度  $V_j$  を変化させる。本発明では、ヘッドの駆動信号波形中にヘッドの固有振動数  $F_0$  と同一周期の周波数成分が含まれないようにヘッドの最高駆動周波数  $f_{max}$  を設定し、液室内にヘッドの固有振動数  $F_0$  と同一周期の残留圧力波を生じさせないようにする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】複数のノズルと、該ノズルの各々に連通する複数の液室と、該液室を加圧するために各液室に対して設けられた複数の圧電素子を有するインクジェットヘッドにおいて、該インクジェットヘッドの固有振動数を $F_0$ 、最高駆動周波数を $f_{max}$ としたとき、周波数成分 $(m/n)f_{max}$ と前記インクジェットヘッドの固有振動数 $F_0$ とが一致しないように最高駆動周波数 $f_{max}$ を設定したことを特徴とするインクジェットヘッドの駆動法（ただし、 $m$ 、 $n$ は自然数）。

【請求項2】複数のノズルと、該ノズルの各々に連通する複数の液室と、該液室を加圧するために各液室に対して設けられた複数の圧電素子と振動板とからなるアクチュエータユニットを備えたインクジェットヘッドにおいて、前記アクチュエータユニットの任意の共振周波数を $F_a$ 、最高駆動周波数を $f_{max}$ としたとき、周波数成分 $(m/n)f_{max}$ と、該アクチュエータユニットの任意の共振周波数 $F_a$ とが一致しないように最高駆動周波数 $f_{max}$ を設定したことを特徴とするインクジェットヘッドの駆動法（ただし、 $m$ 、 $n$ は自然数）。

【請求項3】複数のノズルと、該ノズルの各々に連通する複数の液室と、該液室を加圧するために各液室に対して設けられた複数の圧電素子と振動板からなるアクチュエータユニットを備えたインクジェットヘッドにおいて、該インクジェットヘッドの固有振動数を $F_0$ 、前記アクチュエータユニットの固有振動数を $F_a$ 、最高駆動周波数 $f_{max}$ としたとき、周波数成分 $(m/n)f_{max}$ が $(0.9 \sim 1.1)F_0$ または $(0.9 \sim 1.1)F_a$ の範囲に入らないように最高駆動周波数 $f_{max}$ を設定したことを特徴とするインクジェットヘッドの駆動法（ただし、 $m$ 、 $n$ は自然数である）。

【請求項4】複数のノズルと、該ノズルの各々に連通する複数の液室と、該液室を加圧するために各液室に対して設けられた複数の圧電素子を備えたインクジェットヘッドにおいて、該インクジェットヘッドの最高駆動周波数を $f_{max}$ 、前記圧電素子の固有振動数 $F_p$ としたとき、前記インクジェットヘッドの残留圧力波が最高駆動周波数 $f_{max}$ に比べて十分高い前記固有振動数 $F_p$ の周波数成分を含むとき、 $m f_{max}$ と前記圧電素子の固有振動数 $F_p$ とが一致しない最高駆動周波数 $f_{max}$ を設定したことを特徴とするインクジェットヘッドの駆動法（ただし、 $m$ は自然数）。

【請求項5】複数のノズルと、該ノズルの各々に連通する複数の液室と、該液室を加圧するために各液室に対して設けられた複数の圧電素子を備えたインクジェットヘッドにおいて、該インクジェットヘッドの最高駆動周波数を $f_{max}$ 、前記圧電素子の固有振動数を $F_p$ としたとき、前記インクジェットヘッドの残留圧力波が最高駆動周波数 $f_{max}$ に比べ充分高い固有振動数 $F_p$ を含むとき、 $m f_{max}$ が $(0.9 \sim 1.1)F_p$ の範囲に入らないように

最高駆動周波数 $f_{max}$ を設定したことを特徴とするインクジェットヘッドの駆動法（ただし、 $m$ は自然数）。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、インクジェットヘッドの駆動法に関し、より詳細には、圧電素子駆動によりインク滴を吐出するオンデマン型のインクジェット記録装置の記録ヘッド駆動法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】インクジェット記録方式は、発熱抵抗体や圧電素子等のアクチュエータ（インク加圧手段）を用いて、インク液室内のインクを加圧してノズルよりインク滴として吐出させ、このインク滴により記録紙上に印写する記録方式である。インクジェット記録方式によると、記録時の騒音が発生せず、原理的に構造が簡単であるから小型・高信頼性・高耐久性とすることができる等の多くの特徴がある。

【0003】アクチュエータとして圧電素子を用いたオンデマンド型のインクジェットヘッドは、例えば、PZT（ジルコン酸チタン酸鉛）等の板状の圧電素子と電極材料とを交互に積層した積層構造の圧電素子をアクチュエータとしたものである。アクチュエータの圧電変位の変位方向は、圧電素子に印加される電圧が、分極方向であるか分極と逆方向であるかに従って定められ、印加電圧が分極方向と同一である場合は、圧電定数を $d_{33}$ として印加電圧に比例して積層方向に伸びる圧電変位が発生し、逆方向の場合は、圧電定数を $d_{31}$ として印加電圧に比例して積層方向と直角方向に伸びる圧電変位が発生する。

【0004】図5は、本発明が適用されるインクジェットヘッドの一例を示す斜視図で、図中、1はノズルプレート、2a、2b…はノズル、3は液室部材、4a、4b…は液室、5は隔壁部材、6a、6b…は振動板領域、7（7a、7b、…）は圧電素子、8は基台、9はフレームである。

【0005】積層圧電素子7は、基台8に固着され、画素単位で駆動される駆動圧電素子7a、7b、…（以後、圧電素子と記す）に区画されている。基台8に固着された圧電素子7の外側は、下部面が基台8に固着された枠状のフレーム9により取り囲まれている。圧電素子7a、7b…の自由端面は、フレーム9の上部面に固着された隔壁部材5の振動板領域（以後、振動板と記す）6a、6b…に接合されている。

【0006】隔壁部材5の他面には、液室部材3が接合される。液室部材3には、前記隔壁部材5の振動板6a、6b…に対応して液室4a、4b、…4f…が、例えば千鳥列状に配置され、振動板6a、6b…と液室4a、4b…とが対をなすように接合されている。更に、液室部材3の上面には、ノズルプレート1が接合され、ノズルプレート1には液室4a、4b、…4f…に連通

する複数のノズル $2a, 2b, \dots, 2f$ が設けられている。ノズルプレート $1$ と液室部材 $3$ および隔壁部材 $5$ とで液圧ユニット $10$ が構成される。

【0007】次に、上述したインクジェットヘッド（以後、ヘッドと記す）による印字動作について述べる。まず、印字データに従って、ヘッドの圧電素子 $7a, 7b, \dots$ の中から、例えば、駆動される圧電素子 $7a$ が選択され、選択された圧電素子 $7a$ にパルス幅およびパルス電圧が一定なパルス電圧または交番電圧の駆動信号が印加される。圧電素子 $7a$ から発生した圧電変位は、振動板 $6a$ を駆動して圧電素子 $7a$ の変位に対応して液室 $4a$ 内のインクが加圧され、駆動信号のパルス幅、パルス電圧に比例した量のインクがノズル $2a$ より噴射され、インク滴を記録紙上に定着させる。

【0008】ヘッドの圧電素子に印加される駆動信号の周波数、つまり、ヘッドの駆動信号周波数は、最高駆動周波数 $f_{max}$ を基準周波数として印字データに従って分周された、複数の分周周波数から構成される。従って、記録速度は、最高駆動周波 $f_{max}$ の大きさにより制限される。

【0009】記録速度を高速化するためには、ヘッドの駆動周波数を高周波駆動することが要求される。ヘッドの駆動信号周波数を高周波にした時、インク滴の噴射速度 $V_j$ 、または、噴射体積 $M_j$ に、ヘッドの駆動信号周波数に依存した変動があると、紙面上に記録されるインク滴によるドットの位置精度が低下したり、ドット径が変化したりして記録画像の画質を著しく劣化させることになる。更には、ノズル表面から気泡を巻き込み易くなり、インク滴の吐出が不能となることがある。

【0010】而して、オンドマンド型のインクジェット記録装置は、駆動周波数に応じて閾値電圧が変動すると共に、その駆動信号が複数の周波数成分において異なる閾値電圧のもとに駆動せしめられており、同一レベルの駆動信号を印加したにも拘らず、粒径の不均一なインク滴が噴射せしめられ、特に、濃淡のある画像を、単位面積当たりに打ち込まれるインク滴の数即ちインク滴密度により疑似的に表現しようとする場合、均一な粒径のインク滴が得られないと画質劣化を招くことになる。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】上述のごとき問題を解決するために、特公平3-42185号公報に記載の発明においては、駆動信号に含まれる複数の周波数成分の各々に対応する閾値電圧が略等しくなるように、駆動信号の基となる基準信号の周波数を設置し、同一レベルの駆動信号であれば周波数が異なっても同一径のインク滴の噴射を得ることができるようにしている。しかし、閾値電圧を略等しくするように基準信号の周波数を設定したとしても、インク滴の噴射速度は、インク滴吐出後の液室内の残留圧力波の影響を受ける。この残留圧力波は環境条件やインク物性により影響を受けるが、上記特公

平3-42185号公報においては、残留圧力波に影響を与える環境条件やインク物性に対しての考察がなされておらず、インク滴の噴射速度の変動要因であるインク滴吐出後の残留圧力波に対しては減衰させる効果がなく、環境条件やインク物性に対するマージンがない。

【0012】本発明は、上述した実情に鑑みてなされたもので、上記の問題点を解決し、高画像品質で高速印字を可能とするインクジェットヘッドの駆動法を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記課題を解決するために、（1）複数のノズルと、該ノズルの各々に連通する複数の液室と、該液室を加圧するために各液室に対して設けられた複数の圧電素子を有するインクジェットヘッドにおいて、該インクジェットヘッドの固有振動数を $F_0$ 、最高駆動周波数を $f_{max}$ としたとき、周波数成分 $(m/n)f_{max}$ と前記インクジェットヘッドの固有振動数 $F_0$ とが一致しないように最高駆動周波数 $f_{max}$ を設定したこと、或いは、（2）複数のノズルと、該ノズルの各々に連通する複数の液室と、該液室を加圧するために各液室に対して設けられた複数の圧電素子と振動板とからなるアクチュエータユニットを備えたインクジェットヘッドにおいて、前記アクチュエータユニットの任意の共振周波数を $F_a$ 、最高駆動周波数を $f_{max}$ としたとき、周波数成分 $(m/n)f_{max}$ と、該アクチュエータユニットの任意の共振周波数 $F_a$ とが一致しないように最高駆動周波数 $f_{max}$ を設定したこと、或いは、（3）複数のノズルと、該ノズルの各々に連通する複数の液室と、該液室を加圧するために各液室に対して設けられた複数の圧電素子と振動板とからなるアクチュエータユニットを備えたインクジェットヘッドにおいて、該インクジェットヘッドの固有振動数を $F_0$ 、前記アクチュエータユニットの固有振動数を $F_a$ 、最高駆動周波数 $f_{max}$ としたとき、周波数成分 $(m/n)f_{max}$ が $(0.9 \sim 1.1)F_0$ または $(0.9 \sim 1.1)F_a$ の範囲に入らないように最高駆動周波数 $f_{max}$ を設定したこと、或いは、（4）複数のノズルと、該ノズルの各々に連通する複数の液室と、該液室を加圧するために各液室に対して設けられた複数の圧電素子を備えたインクジェットヘッドにおいて、該インクジェットヘッドの最高駆動周波数を $f_{max}$ 、前記圧電素子の固有振動数 $F_p$ としたとき、前記インクジェットヘッドの残留圧力波が最高駆動周波数 $f_{max}$ に比べて十分高い前記固有振動数 $F_p$ の周波数成分を含むとき、 $m f_{max}$ と前記圧電素子の固有振動数 $F_p$ とが一致しない最高駆動周波数 $f_{max}$ を設定したこと、或いは、（5）複数のノズルと、該ノズルの各々に連通する複数の液室と、該液室を加圧するために各液室に対して設けられた複数の圧電素子を備えたインクジェットヘッドにおいて、該インクジェットヘッドの最高駆動周波数を $f_{max}$ 、前記圧電素子の固有振動数 $F_p$ としたと

き、前記インクジェットヘッドの残留圧力波が最高駆動周波数  $f_{max}$  に比べ充分高い固有振動数  $F_p$  を含むとき、 $m f_{max}$  が (0.9 ~ 1.1)  $F_p$  の範囲に入らないように最高駆動周波数  $f_{max}$  を設定したことを特徴とするものである。

#### 【0014】

【作用】圧電素子をアクチュエータとするインクジェットヘッドは、複数の圧電素子と振動板とからなるアクチュエータユニット、液室構造、インク物性により決まるヘッドの固有振動数  $F_0$  を有し、ヘッドの最高駆動周波数  $f_{max}$  を基準周波数とするパルス波形または交番波形の駆動信号で駆動される。駆動信号を、例えば、パルス信号とした場合、パルス信号の波形は最高駆動周波数  $f_{max}$  の  $m$  次高調波成分の周波数を有し、印字データは最高駆動周波数  $f_{max}$  の  $(1/n)$  ( $n$  は自然数) の周波数を有するので、駆動信号は  $(m/n) f_{max}$  の周波数数成分をもっている。ヘッドの固有振動数  $F_0$  と駆動信号に含まれる  $(m/n) f_{max}$  の周波成分とが固有振動数  $F_0$  で共振すると、液室内の残留圧力波が大きくなりインク滴速度  $V_j$  が変動し、画質を低下させる。本発明では、駆動信号の中にヘッドの固有振動数  $F_0$  が含まれないようにヘッドの最高駆動周波数  $f_{max}$  を設定することによって、液室内の残留圧力波を低減し、画質を向上させる。

#### 【0015】

##### 【実施例】

###### 実施例1 (請求項1に対応)

図1は、本発明の実施例に係るインクジェットヘッドのインク滴の噴射速度  $V_j$  の駆動周波数特性の一例を示す図であり、横軸に、ヘッドの駆動信号周波数  $f$ 、縦軸に、インク滴の噴射速度  $V_j$  を示している。

【0016】図5に示したヘッドは、固有振動数  $F_0$  を持っている。ヘッドの固有振動数  $F_0$  は、圧電素子7a, 7b…と振動板6a, 6b…とからなるアクチュエータユニット、液室4a, 4b…の構造、インク物性等によって定められる。図1に示したインク滴噴射速度の周波特性をみると、駆動信号の周波数  $f$  を順次増大させ、周波数  $f$  がヘッドの固有振動数  $F_0$  に近づくと、噴射速度  $V_j$  は一定値から順次低速に変動し、図示のようなインク滴の噴射速度  $V_j$  の駆動信号の周波数特性をあらわすインク滴の噴射速度  $V_j$  曲線が得られる。

【0017】また、駆動信号がヘッドの固有振動数  $F_0$  と同一周波数でない場合でも、駆動信号のパルス波形または交番周波数波形にヘッドの固有振動数  $F_0$  の周波数成分が含まれている場合には、インク滴の噴射速度  $V_j$  に変化を与える。これは、駆動信号の波形または交番周波数に含まれる  $F_0$  の周波数成分がヘッドの固有振動数  $F_0$  と共振し、液室3a内にヘッドの固有振動数  $F_0$  と同一周期の残留圧力波を引き起こすためである。このように、ヘッドの駆動周波数  $f$  が高くなると、前記残留圧力

波とヘッドを駆動する駆動のタイミングが一致したときは発生圧力波が重なり合って大きくなり、不一致のときは発生圧力波が打消し合って小さくなるので、図1に示したインク滴の噴射速度  $V_j$  曲線のように  $(1/F_0)$  の周期をもってインク滴の噴射速度  $V_j$  を変化させる。

【0018】従って、ヘッドの駆動信号の波形 (駆動信号周波数も含む) が前記ヘッドの固有振動数  $F_0$  の周波数成分を含まなければ、残留圧力波は大幅に減衰してインク滴速度  $V_j$  の変動を小さくすることができる。次に、この原理を実際のインクジェットヘッドに適用させた実施例について説明する。

【0019】ヘッドは、印字データに従って、例えば、圧電素子7a, 7b, …に駆動信号としてパルス電圧が印加される。しかし、パルス電圧のパルス波形中には、 $m$  ( $m$  は、自然数 1, 2, … $m$ ) 次の高調波成分が含まれる。また、ヘッドを駆動する駆動信号の最高駆動周波数  $f_{max}$  が定められ、実際のプリンタ印字の場合は、最高駆動周波数  $f_{max}$  を、印字データに従って  $n$  ( $n$  は自然数 1, 2, … $n$ ) 分周した駆動周波数  $f_n$  で駆動される。

【0020】図2 (a) は、ヘッドの最高駆動周波数  $f_{max}$  を基本周波数とした  $f_{max}$  のパルス波形の  $m$  次の高調波成分を示す図であり、横軸に  $f_{max}$ ,  $2 f_{max}$ , …,  $m f_{max}$ 、縦軸に正規化された  $m$  次高調波の波高値を示す。

【0021】図2 (a) によると、最高駆動周波数  $f_{max}$  を基本周波数としたパルス波形の波高値を 1 とすると、その  $m$  次高調波成分は  $1/m$  に減衰する。図2 (b) に示すように、基本周波数を  $m=2$  とした  $(1/2) f_{max}$  のパルス波形の場合も、 $m=3$  以下では図2 (a) と同様の割合で減衰する。

【0022】図2 (b) は、ヘッドの最高駆動周波数  $(1/2) f_{max}$  を基本周波数  $(1/2) f_{max}$  としたとき、パルス波形の正規化された  $m$  次の高調波成分を示す図であり、横軸に  $(1/2) f_{max}$ ,  $(1) f_{max}$ ,  $(3/2) f_{max}$ , …,  $(m/2) f_{max}$  を、縦軸に正規化された  $(1/2) f_{max}$ ,  $(1) f_{max}$ , …,  $(m/2) f_{max}$  の波高値を示す。

【0023】図2 (c) は、ヘッドの最高周波数  $f_{max}$  の  $1/n$  を基本周波数のパルス波形としたときのパルス波形に含まれる正規化された  $m$  次の高調波成分を示す図である。実際のプリンタの場合、駆動周波数  $f_n$  は印字データにより定まり、基本周波数をヘッドの最高駆動周波数  $f_{max}$  として、 $(1/2) f_{max}$ ,  $(1/3) f_{max}$ , …,  $(1/n) f_{max}$  と変化する。従って、 $(1/n) f_{max}$  のパルス波形の  $m$  次高調波成分は、図2 (c) に示すように、波高値は次数 1 から  $m$  に向けて次数が大きくなるに従って、次数  $(1/m)$  に比例して小さくなる。

【0024】従って、ヘッドの最高駆動周波数を  $f_{max}$

とし、 $m, n$ を自然数としたとき、駆動波形の中の周波数成分  $(m/n) f_{max}$  が、ヘッドの固有振動数  $F_0$  と一致させないように最高駆動周波数  $f_{max}$  を設定すると、液室 4 a, 4 b, … 内の残留圧力を減衰させることができるので、インク滴の噴射速度  $V_j$  およびインク滴体積  $M_j$  は駆動周波数により変動することがなく、周波数特性が向上する。特に、駆動圧電素子の分極方向が  $d_{33}$  のアクチュエータではこの効果が大きい。

#### 【0025】実施例2（請求項2に対応）

実施例1においては、アクチュエータユニット、液室構造、インク物性等により定められるヘッドの固有振動数  $F_0$  に依存してインク滴速度  $V_j$  が変動する場合、駆動信号の周波数成分  $(m/n) f_{max}$  がヘッドの固有振動数  $F_0$  と一致させないように  $f_{max}$  を設定することがインク滴速度  $V_j$ 、インク滴体積  $M_j$  の周波数特性を一定にする効果があることを述べた。

【0026】しかし、ヘッドの固有振動数  $F_0$  に対し、インク滴の噴射速度  $V_j$  が圧電素子 4 a, 4 b, … と振動板 6 a, 6 b, … とからなるアクチュエータユニットの任意の固有振動数  $F_a$  に依存する場合には、ヘッドの最高駆動周波数  $f_{max}$  としたときの駆動信号の周波数成分  $(m/n) f_{max}$  とアクチュエータユニットの任意の固有振動数  $F_a$  と一致させないように最高駆動周波数  $f_{max}$  を設定することが有効であり、実施例1と同様の効果が得られる。

#### 【0027】実施例3（請求項3に対応）

図1のインク滴の噴射速度  $V_j$  の駆動周波数特性曲線（インク滴の噴射速度  $V_j$  曲線）に示すように、液室 4 内の残留圧波の減衰が速いので、実際のインク滴速度  $V_j$  の変動の大きさは、駆動周波数  $f$  がヘッドの最高駆動周波  $f_{max}$  から遠ざかる程小さくなる。また、 $m$ 次の高調波成分は最高駆動周波数  $f_{max}$  の  $(1/m)$  に減衰している。

【0028】実施例3は、上述の実情に鑑みてなされたもので、すべての  $m$  次高調波成分と  $(1/n) f_{max}$  の印字データに関して、ヘッドの固有振動数  $F_0$  が含まれないようにするのではなく、実用上は  $(1 \sim 1/4) f_{max}$  の駆動周波数領域について  $m=1$  から  $m=3$  次までの高調波成分が  $(0.9 \sim 1.1) F_0$  の広い範囲に入らないように考慮すればよい。すなわち、 $(m/n) f_{max}$  ( $1 \leq n \leq 4, 1 \leq m \leq 3$ ) の何れかの周波数が  $(0.9 \sim 1.1) F_0$  の範囲に入らないように最高駆動周波数  $f_{max}$  を選べばよい。

【0029】請求項3のインクジェットヘッドの駆動法によると、ヘッドまたはアクチュエータユニットの共振曲線が鋭いピーク曲線を有するのではなく滑らかなピークを有する曲線であるヘッドの場合、実用的に有効である。

#### 【0030】（具体例）1

図3は、図5に示したインクジェットヘッドを交番（正

弦波）駆動した場合の振動板の変位量の周波数特性の一例を示す図である。図5に示したヘッドの圧電素子 7 a, 7 b … と振動板 6 a, 6 b … とからなるアクチュエータユニットの固有振動数  $F_a$  は、 $F_a = 30 \text{ KHz}$  であるが、図3に示した振動板変位の周波数特性によると、ヘッドの固有振動数  $F_a = 30 \text{ KHz}$  のところにピーク値がある。これに対し、最高駆動周波数  $f_{max} = 20 \text{ KHz}$  に設定したところ、 $(3/2) f_{max} = 30 \text{ KHz}$  で、アクチュエータユニットの固有振動数  $F_a$  と一致し、インク滴速度  $V_j$  の変動  $\Delta V_j$  は  $\Delta V_j = 4 \text{ m/s}$  であった。ところが、 $f_{max} = 23 \text{ KHz}$  に設定したところ、 $(3/2) f_{max} = 35.5 \text{ KHz}$  で  $(3/2) f_{max} > 1.1 F_a (= 33 \text{ KHz})$  となり、インク滴速度  $V_j$  変動は  $1.5 \text{ m/s}$  以内に抑制することができた。

#### 【0031】実施例4（請求項4に対応）

圧電素子 4 a, 4 b … 単独の固有振動数  $F_p$  は、通常、ヘッドの最高駆動周波数  $f_{max}$  よりも大きく  $f_{max} < F_p$  である。ヘッドの残留圧力波に圧電素子 4 a, 4 b, … の固有振動数  $F_p$  を含む場合においても残留圧力波が大きくなりインク滴の噴射速度  $V_j$ 、噴射体積  $M_j$  の変動をもたらす。

【0032】実施例4のインクジェットヘッドの駆動法においては、ヘッドを最高駆動周波数  $f_{max}$  で駆動したとき、最高駆動周波数  $f_{max}$  の高調波成分  $m f_{max}$  が圧電素子の固有振動数  $F_p$  を含むことがないように最高駆動周波数  $f_{max}$  が定められ、このとき残留圧力波を小さくすることができる。

#### 【0033】実施例5（請求項5に対応）

実施例4インクジェットヘッドの駆動法は、ヘッドの最高駆動周波数  $f_{max}$  を、最高駆動周波数  $f_{max}$  の高調波成分  $m f_{max}$  の中に圧電素子の固有振動数  $F_p$  を含まないように選んだヘッドの駆動法であるが、実用的には圧電素子 7 の最高駆動周波数  $f_{max}$  の高調波成分  $m f_{max}$  が圧電素子 7 の固有振動数  $F_p$  の所定範囲内に含まないように最高駆動周波数  $f_{max}$  を選ぶことが有利である。

【0034】図4は、圧電素子変位量の周波数特性の一例を説明するための図であり、横軸に駆動周波数（正弦波）、縦軸に圧電素子変位量をとっている。図示のように、圧電素子 7 を一定振幅の正弦波で正弦駆動した場合、ヘッドの固有振動数  $F_0$  に対して充分大きい周波数の圧電素子 7 の固有振動数  $F_p$  がある。しかし、固有振動数  $F_p$  に対し  $(1.9 \sim 1.1) F_p$  の周波数範囲では、圧電素子 7 の変位量は  $0.9 F_p$  以下の周波数での圧電素子の変位量と比較して大きい違はない。

【0035】従って、ヘッドの残留圧力波が最高駆動周波数  $f_{max}$  に比べて十分高い圧電素子 7 の固有振動数  $F_p$  を含む場合、最高駆動周波数  $f_{max}$  の  $m$  次高調波  $f_{max}$  が  $(0.9 \sim 1.1) F_p$  の範囲に入らないように最高駆動周波数  $f_{max}$  を設定することにより実用的レベルで変化の小さいインク滴速度  $V_j$  および噴射体積  $M_j$  が得られ

る。

【0036】(具体例) 2

図4に示した圧電素子変位量の周波数特性の場合は、圧電素子7の固有振動数 $F_p$ は、例えば、 $F_p = 120\text{KHz}$ である。この圧電素子7をアクチュエータとして利用する場合は、最高駆動周波数 $f_{max} = 20\text{KHz}$ とすると $m=6$ 次の高周波成分は $120\text{KHz}$ となり圧電素子7の固有振動数 $F_p$ と一致してしまう。しかし、最高駆動周波数 $f_{max}$ を、 $f_{max} = 26.5\text{KHz}$ に設定すると、 $m f_{max} = 106$ および $132.5\text{KHz}$  ( $m=4, 5$ )となり、(0.9~1.1) $F_p$ の範囲には入らない。このときヘッドの残留圧力波の $120\text{KHz}$ 成分は大幅に減衰させることができるので、インク滴速度 $V_j$ の変動を抑えることができる。

【0037】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明によると、以下のような効果がある。

(1) 請求項1に対応する効果：ヘッドの固有振動数がインクまたは液室構造の影響を受ける場合（とくに、d33方向変位を利用するヘッド）、液室内の残留圧力波を減衰させることができるのでインク滴速度 $V_j$ 、噴射体積 $M_j$ の周波数特性が向上する。

(2) 請求項2に対応する効果：ヘッドの固有振動数がヘッドのアクチュエータユニット（圧電素子と振動板）に依存する場合に有効で、請求項1と同様の効果がある。

(3) 請求項3に対応する効果：とくにヘッドまたはアクチュエータユニットの共振の鋭さが滑らかな場合に実用レベルで有効で、請求項1と同様の効果がある。

(4) 請求項4に対応する効果：圧電素子自身の固有振動数などヘッドの最高駆動周波数 $f_{max}$ に比べて高い周

波数成分の残留振動が問題になるときに有効で、請求項1と同様の効果がある。

(5) 請求項5に対応する効果：請求項4において、共振の鋭さが滑らかな場合に実用レベルで有効で、請求項1と同様の効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係るインクジェットヘッドのインク滴の噴射速度 $V_j$ の駆動周波数特性の一例を示す図である。

【図2】 (a) は、パルス波形（ヘッドの最高周波数 $f_{max}$ ）を基本周波数 $f_{max}$ としたときの正規化された $m$ 次の高調波成分を示す図である。(b) は、パルス波形（ヘッドの最高周波数 $(1/2)f_{max}$ ）を基本周波数 $(1/2)f_{max}$ としたときの正規化された $m$ 次の高調波成分を示す図である。(c) は、パルス波形（ヘッドの最高周波数 $1/n$ ）を基本周波数 $(1/n)f_{max}$ としたときの正規化された $m$ 次の高調波成分を示す図である。

【図3】 図5に示したインクジェットヘッドを正弦波駆動した場合の振動板の変位量の周波数特性の一例を示す図である。

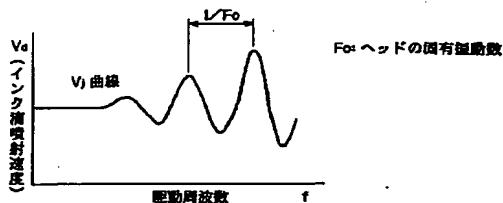
【図4】 圧電素子変位量の周波数特性の一例を説明するための図である。

【図5】 本発明が適用されるインクジェットヘッドの一例を示す斜視図である。

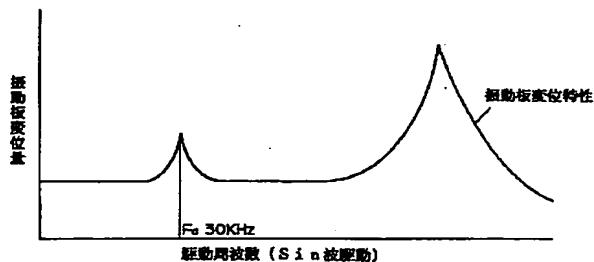
【符号の説明】

1…ノズルプレート、2a, 2b…ノズル、3…液室部材、4a, 4b…液室、5…隔壁部材、6a, 6b…振動板領域、7 (7a, 7b, ...) …圧電素子、8…基台、9…フレーム。

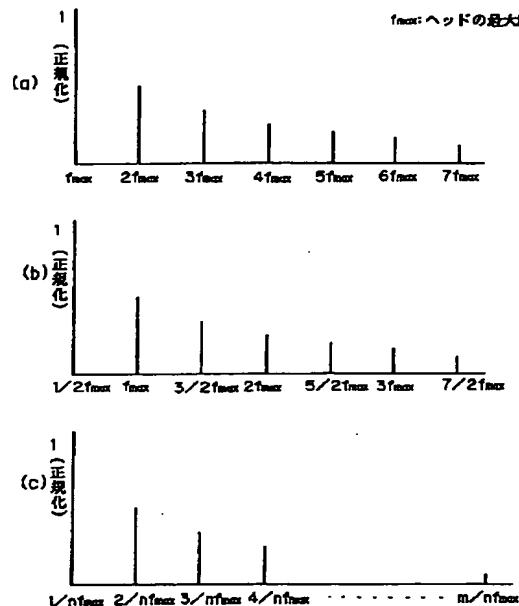
【図1】



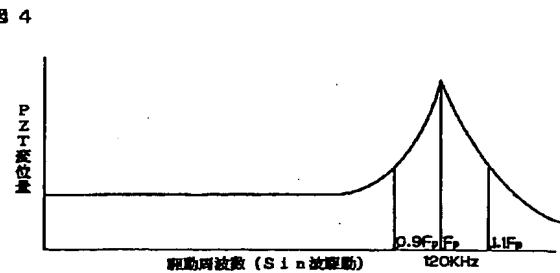
【図3】



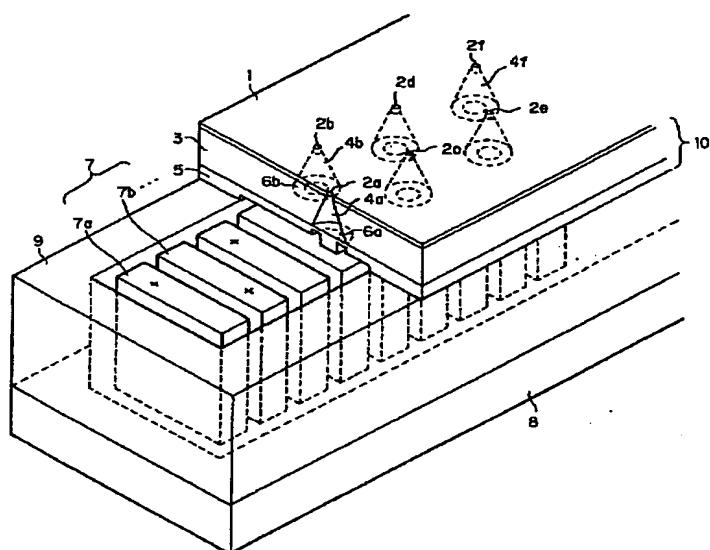
【図2】



【図4】



【図5】



This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:



BLACK BORDERS



IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES



FADED TEXT OR DRAWING



BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

SKEWED/SLANTED IMAGES

COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

GRAY SCALE DOCUMENTS

LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images  
problems checked, please do not report the  
problems to the IFW Image Problem Mailbox**